

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/004164

International filing date: 03 March 2005 (03.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-078131  
Filing date: 18 March 2004 (18.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 21 April 2005 (21.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

03.03.2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 4 年    3 月 1 8 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 4 - 0 7 8 1 3 1  
Application Number:

パリ条約による外国への出願  
に用いる優先権の主張の基礎  
となる出願の国コードと出願  
番号

The country code and number  
of your priority application,  
to be used for filing abroad  
under the Paris Convention, is

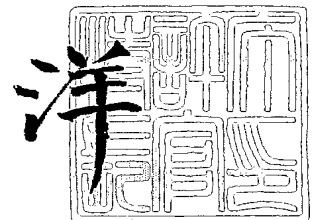
J P 2 0 0 4 - 0 7 8 1 3 1

出      願      人                      ソニー株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 5 年    4 月    8 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 0490178101  
【提出日】 平成16年 3月18日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H02N 02/00  
F03G 07/06

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内  
【氏名】 伊東 秀俊

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内  
【氏名】 毛塚 浩一郎

【特許出願人】  
【識別番号】 000002185  
【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】  
【識別番号】 100090527  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 館野 千恵子  
【電話番号】 03-5731-9081

【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 011084  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 0010570

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

酸性、若しくは塩基性の官能基の、少なくともいずれか一方を有する高分子を含有する高分子ゲルと、当該高分子ゲルに内設された、電気化学的に水素の吸蔵及び放出が可能な材料を含む電極とから構成されてなる、ゲル／電極複合体の複数個が、電解質水溶液中に配設されてなり、

前記複数のゲル／電極複合体の前記電極間に電圧が印加されるに伴って前記ゲル／電極複合体における前記高分子ゲル内部の pH が変化し、当該 pH 変化に応じて前記複数のゲル／電極複合体が、それぞれ体積変化を起こすように構成されていることを特徴とする高分子アクチュエータ。

**【請求項 2】**

前記ゲル／電極複合体を構成する前記電極の材料が、パラジウム、あるいはパラジウムを含む合金であることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子アクチュエータ。

**【請求項 3】**

前記ゲル／電極複合体を構成する前記電極の材料が、パラジウムで被覆された水素吸蔵合金であることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子アクチュエータ。

**【請求項 4】**

前記ゲル／電極複合体を構成する前記電極が、コイル状、又は網状の形状物であることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子アクチュエータ。

**【請求項 5】**

前記ゲル／電極複合体を構成する前記電極が、粒子状又は繊維状の形状物であり、前記高分子ゲル内に混合、分散されていることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子アクチュエータ。

**【請求項 6】**

前記ゲル／電極複合体を構成する前記電極が、コイル状、又は網状の形状物と、粒子状又は繊維状の形状物とからなることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子アクチュエータ。

**【請求項 7】**

酸性の官能基を有する高分子を含有した高分子ゲルからなる前記ゲル／電極複合体と、塩基性の官能基を有する高分子を含有した高分子ゲルからなる前記ゲル／電極複合体とを、各々一以上具備することを特徴とする請求項 1 に記載の高分子アクチュエータ。

**【請求項 8】**

前記ゲル／電極複合体を構成する前記高分子ゲルが、酸性の官能基を有する高分子と、塩基性の官能基を有する高分子との混合物を含有するものであることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子アクチュエータ。

**【請求項 9】**

前記複数のゲル／電極複合体が、容器内に配設されてなり、当該容器の両端から、前記電極が取り出されるようになされ、

前記容器内の、前記ゲル／電極複合体の周囲には、前記電解質水溶液が充填されていることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子アクチュエータ。

**【請求項 10】**

前記容器が、前記複数のゲル／電極複合体の体積変化に追随する伸縮性を有していることを特徴とする請求項 9 に記載の高分子アクチュエータ。

【書類名】明細書

【発明の名称】高分子アクチュエータ

【技術分野】

【0001】

本発明は、高分子アクチュエータに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、介護支援、危険作業、エンタテインメント等の様々な方面からロボットが注目されている。これらの用途に適用されるロボットは、動物のように多くの関節（可動部）を有し、複雑な動作を可能とすることが求められる。

【0003】

この可動部を駆動するアクチュエータとして、従来、磁気回転モーターが用いられているが、構成材料が金属のためにアクチュエータ重量が大きくなってしまいうという欠点を有している。

可動部にアクチュエータを組み込む場合、可動部を動作させる際に、アクチュエータ重量が負荷となるため、重量の大きいアクチュエータを用いるには大出力が求められるようになり、一方においては大出力のアクチュエータは、大型、大重量になってしまうという解決困難な矛盾が生じてしまう。

また、磁気回転モーターを用いる場合、必要な回転数、トルクに調整するための減速器が必要となり、この減速器に用いられるギヤは磨耗により徐々に性能低下するという欠点もある。

低速回転で高トルクが得られる超音波モーターは減速器が不要であるが、これも金属材料で構成されるため、重量が大きいため、上記と同様の問題を生じる。

【0004】

このため、近年においては、軽量で、かつ柔軟性に富んだ高分子材料によって構成される高分子アクチュエータが注目されている。

この高分子アクチュエータとしては、例えばポリフッ化ビニリデン等を用いた高分子圧電素子、電子導電性高分子等を用いた導電性高分子アクチュエータ、高分子ゲル等を用いたゲルアクチュエータ等が知られている。

【0005】

上記のゲルアクチュエータ、特に水膨潤高分子ゲルを用いる高分子ハイドロゲルアクチュエータは、高分子ハイドロゲルが、その周囲の温度やイオン強度や、pHといった環境に応答して体積変化することを利用するものである。その変位量は30～50%と大きく、発生力も0.2～0.4MPaであり、生体骨格筋に匹敵する性能を発揮する。

【0006】

しかしながら、温度は、加熱、冷却ともに高速制御が困難なものであり、またイオン濃度を制御するためには、周囲電界液をポンプ等を用いて強制交換する等の作業が必要になり、これに用いる電解液を蓄えるタンクも必要となることから、小型軽量なシステムとして不向きである。

【0007】

一方、pH応答性高分子ハイドロゲルを適用する場合においては、pHは周囲溶液の交換で変化させる他、電気化学反応を用いて変化させることが可能とされている。

すなわち、周囲溶液を電解質水溶液とし、水溶液中に配設した電極間に電圧を印加すると、電極反応による水素イオンや水酸化物イオンの消費が起きたり、あるいは電極表面の電気二重層形成に伴う濃度勾配を生じさせたりすることができ、電極近傍のpHを変化させることが可能である。この現象を利用することにより、pH応答性ハイドロゲルを電気により制御、駆動することができる。

【0008】

上記のようなpH応答性高分子ハイドロゲルは、ゲルを構成する高分子内に酸性、あるいは塩基性の官能基を有しており、ゲル周囲における水溶液のpHによって膨潤度、ゲル

体積が変化するようになされている。

例えば、酸性基を有する pH 応答性高分子ハイドロゲルを用いる場合には、ゲル周囲における水溶液の pH が高いときには、ゲル中の酸性基がプロトンを解離してアニオンとなり、親水性が増すと共に負電荷の分子内、あるいは分子間での反発が働き、ゲルは膨張する。逆に、ゲル周囲における水溶液の pH が低いときには、ゲル中の酸性基は解離せず、さらに酸性基同士で水素結合を形成するなどしてゲルは収縮する。

#### 【0009】

ここで、上記の酸性基を有する pH 応答性高分子ハイドロゲルに代えて、塩基性基を有する pH 応答性高分子ハイドロゲルを用いる場合には、上記の反応とは逆に、ゲル周囲における水溶液の pH が高いときには、ゲル中の塩基性基がプロトン化してカチオンとなり、親水性が増すと共に正電荷の分子内或いは分子間での反発が働き、ゲルは膨張する。

#### 【0010】

pH 応答性高分子ハイドロゲルを用いる場合、具体的には、電解質水溶液中に電極を配設して 1～3 V 程度の電圧を印加すると、電解質水溶液中にイオン濃度勾配が形成され、電極近傍の pH を変化させることが可能であり、この現象を利用することにより、加熱冷却装置、ポンプ、タンク等を必要とせずに、pH 応答性高分子ハイドロゲルの膨張／収縮を、電圧で制御することが可能となる。

#### 【0011】

この変形を利用してアクチュエータとすることも可能であり、イオン性高分子ハイドロゲル膜の両面に電極を配置し、これら電極間に電圧を印加することで電気化学的に湾曲変位を得るアクチュエータも知られている（例えば、特許文献 1 参照。）。

#### 【0012】

【特許文献 1】特公平 7-97912 号公報

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0013】

しかしながら、湾曲変位するアクチュエータは、生体骨格筋のように線方向に伸張／収縮するものに比べてロボットの関節等に利用することが難しく、近年においては、生体骨格筋の様に線方向に伸縮するアクチュエータが望まれていた。

#### 【0014】

これに関しては、例えば電極間隔を広げて、ゲルをいずれか一方の電極に近づけることで、もう一方の電極による影響を避け、ゲルを湾曲させずに膨張（伸張）／収縮させることも可能であるが、ゲルの膨張／収縮を妨げずにゲルを電極近傍に固定することは、技術的に非常に困難であるという問題を有している。

#### 【0015】

また、電極間に電圧を印加して電極近傍の pH を変化させる場合、水の電気分解反応が起こり、陽極近傍では酸化反応により  $\text{OH}^-$  濃度が減少して pH が低下するとともに酸素ガスが発生し、陰極近傍では還元反応により  $\text{H}^+$  濃度が減少して pH が上昇するとともに水素ガスが発生する。この場合、電極間に流れる電流を大きくすることで電極から比較的離れた場所まで pH 変化させることが可能であるが、酸素、水素といったガスが発生したり、電解液溶媒である水が消費したりすることは、密閉したアクチュエータ素子を設計する上において問題となる。

#### 【0016】

そこで、本発明においては、上述したような問題点を解決するべく、湾曲変位することなく、線方向に伸張／収縮することができ、軽量であり、低電圧動作が可能で、かつ、ガス発生や水消費がない、密閉可能な高分子アクチュエータを提供することとした。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0017】

本発明においては、酸性、若しくは塩基性の官能基の、少なくともいずれか一方を有する高分子を含有する高分子ゲルと、この高分子ゲルに内設された、電気化学的に水素の吸

蔵及び放出が可能な材料を含む電極とから構成されてなる、ゲル／電極複合体の複数個が、電解質水溶液中に配設されてなり、この複数のゲル／電極複合体の前記電極間に電圧が印加されるに伴ってゲル／電極複合体における高分子ゲル内部の pH が変化し、この pH 変化に応じて複数のゲル／電極複合体が、それぞれ体積変化を起こすように構成されている高分子アクチュエータを提供する。

【発明の効果】

【0018】

本発明の高分子アクチュエータによれば、複数のゲル／電極複合体が電解質水溶液中に配設され、複数のゲル／電極複合体の電極間に電圧が印加されるに伴ってゲル／電極複合体における高分子ゲル内部の pH が変化し、この pH 変化に応じて複数のゲル／電極複合体がそれぞれ体積変化を起こすように構成したので、従来の加熱冷却装置、ポンプ、タンク等を必要とせず、装置構成上、容易に軽量化を図ることができ、また、例えば 1～3 V といった低い電圧で制御することが可能となった。

【0019】

また、ゲル／電極複合体に内設される電極が、電気化学的に水素の吸蔵及び放出が可能な材料を含む電極であるものとしたため、電気分解反応によるガス発生が起こったり、水を消費したりすることを回避でき、密閉したアクチュエータ素子を得ることができた。

【0020】

さらに、複数のゲル／電極複合体が、酸性、若しくは塩基性の官能基の、少なくともいずれか一方を有する高分子を含有した高分子ゲルと、この高分子ゲルに内設された電極とから構成されているものとしたため、従来のように湾曲変位することなく、例えば生体骨格筋のように線方向の、伸張／収縮が可能となった。

【0021】

従って、複数のゲル／電極複合体の体積変化によって得られる線方向の伸縮を、例えばロボットの関節（可動部）等に好適に利用することができた。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、本発明の高分子アクチュエータの具体的な実施形態について、図を参照して説明するが、本発明は、以下に示す例に限定されるものではない。

【0023】

ここで、以下においては、本発明の高分子アクチュエータの好適な例として、酸性の官能基を有する高分子を含有した高分子ゲルからなるゲル／電極複合体と、塩基性の官能基を有する高分子を含有した高分子ゲルからなるゲル／電極複合体とを各々一個ずつ有する構成のものについて図を参照して説明するが、本発明は、以下の例に限定されるものではない。図 1 に、本発明の高分子アクチュエータ 1 の概略構成図を示す。

【0024】

図 1 の高分子アクチュエータ 1 は、酸性の官能基を有する高分子を含有した高分子ハイドロゲル 2 a と、この高分子ハイドロゲル 2 a に内設された電極 3 a とからなる、ゲル／電極複合体（以下、酸性ゲル／電極複合体と称する場合がある。）4 a と、塩基性の官能基を有する高分子を含有した高分子ハイドロゲル 2 b と、この高分子ハイドロゲル 2 b に内設された電極 3 b とからなる、ゲル／電極複合体（以下、塩基性ゲル／電極複合体と称する場合がある。）4 b とを具備する構成を有している。

【0025】

また、ゲル／電極複合体 4 a 及び 4 b は、密閉容器 5 内に配設されており、ゲル／電極複合体 4 a 及び 4 b の、それぞれの両端から電極 3 a、3 b が取り出されるようになされており、また、容器 5 内には電解質水溶液 6 が充填されている。

なお、ゲル／電極複合体 4 a 及び 4 b は、ほぼ平行に配設されている。ここで、容器 5 は、ゲル／電極複合体 4 a、4 b の体積変化に追従して伸縮する機能を有している材料よりなるものとするのが望ましい。

【0026】

ゲル／電極複合体 4 a、4 b の電極 3 a、3 b 間に電圧が印加されるに伴い、高分子ハイドロゲル 2 a、2 b の内部の pH が変化し、この pH 変化に応じてゲル／電極複合体 4 a、4 b の体積変化が起こる。

#### 【0027】

電極 3 a、3 b を構成する材料は、電気化学的に水素の吸蔵及び放出が可能な材料を含んでいるものとする。

このように、電極構成材料として、電気化学的に水素の吸蔵及び放出が可能な材料を含んでいるものを適用することにより、陽極においては、水素放出が行われることにより、電極近傍の  $H^+$  濃度が上昇して pH が低下し、陰極においては、 $H^+$  の還元吸蔵が行われて電極近傍の  $H^+$  濃度が低下して pH が上昇する、というように、水の電気分解反応による酸素、水素といったガスの発生や水を消費することなしに、高分子ハイドロゲル 2 a、2 b 内部の pH を変化させることが可能となるのである。

#### 【0028】

上述したような構成の高分子アクチュエータを用いた、膨張、収縮運動について図 2 を参照して説明する。

酸性ゲル／電極複合体 4 a における電極 3 a を陽極とし、塩基性ゲル／電極複合体 4 b における電極 3 b を陰極として、1～3 V の電圧を印加すると、高分子ハイドロゲル 2 a の内部、すなわち陽極 3 a 周辺の pH は低下する。このように pH が低下した場合、酸性ゲル／電極複合体 4 a 中の酸性基は解離せず、さらに酸性基同士で水素結合を形成するなどして、酸性ゲル／電極複合体 4 a は収縮する。一方、1～3 V の電圧を印加すると、高分子ハイドロゲル 2 b の内部、すなわち陰極 3 b 周辺の pH は上昇する。このように pH が上昇した場合、塩基性ゲル／電極複合体 4 b 中の塩基性基はプロトン化せず、さらに塩基性基同士で水素結合を形成するなどして、塩基性ゲル／電極複合体 4 b は収縮する（図 2（a））。

#### 【0029】

また、電圧印加をやめるか、あるいは、上記とは逆向きの電圧を印加すれば、酸性ゲル／電極複合体 4 a 内部の pH は上昇し、この場合、酸性ゲル／電極複合体 4 a 中の酸性基がプロトンを解離してアニオンとなり、親水性が増すと共に、負電荷の分子内あるいは分子間での反発が働き、酸性ゲル／電極複合体 4 a は膨張する。一方、塩基性ゲル／電極複合体 4 b 内部の pH は低下し、この場合、塩基性ゲル／電極複合体 4 b 中の塩基性基がプロトン化してカチオンとなり、親水性が増すと共に、正電荷の分子内或いは分子間での反発が働き、塩基性ゲル／電極複合体 4 b は膨張する（図 2（b））。

#### 【0030】

上述したように、本発明の高分子アクチュエータ 1 によれば、ゲル／電極複合体 4 a、4 b が、電解質水溶液 6 中に配設されてなり、ゲル／電極複合体 4 a、4 b の電極 3 a、3 b 間に電圧が印加されるに伴って、ゲル／電極複合体 4 a、4 b がそれぞれ体積変化を起こすように構成されているので、従来の、温度やイオン強度に応答して体積変化するアクチュエータのように加熱冷却装置、ポンプ、タンク等を必要とせず、装置構成を簡易かつ軽量にすることができ、また、例えば 1～3 V 程度の低電圧で動作制御をすることが可能となる。

#### 【0031】

また、ゲル／電極複合体 4 a、4 b が、酸性若しくは塩基性の官能基を有する高分子を含有した高分子ハイドロゲル 2 a、2 b と、この高分子ハイドロゲル 2 a、2 b に内设された電極 3 a、3 b とから構成されるので、どちらのゲル／電極複合体 4 a、4 b も電圧に対して同方向に膨張／収縮させることができ、ゲル／電極複合体 4 a、4 b の形状が図示するように棒状であっても、従来のように湾曲変位することなく、長さ方向の伸張／収縮変位（線方向変位）を両方のゲル／電極複合体 4 a、4 b において行うことができる。

#### 【0032】

さらに、ゲル／電極複合体 4 a、4 b が体積変化を起こしても、高分子ハイドロゲル 2 a、2 b が電極 3 a、3 b から離れることがないので、効率的に pH 変化を高分子ハイド



ロゲル 2 a、2 b に伝えることができ、より一層効果的に伸張／収縮を行うことができる。

#### 【0033】

よって、上述したような、ゲル／電極複合体 4 a、4 b の体積変化によって得られる線方向の伸縮を、例えばロボットの関節（可動部）等に好適に利用することが可能となる。

#### 【0034】

なお、本発明の高分子アクチュエータ 1 においては、ゲル／電極複合体 4 a、4 b を構成する電極 3 a、3 b は、高分子ハイドロゲル 2 a、2 b の体積変化を阻害せず追従する形状であることが望ましく、例えば図 1～図 3 に示すような、コイル形状が好適な例として挙げられる。この場合、コイルの弾性変形によってゲル／電極複合体 4 a、4 b の前記体積変化に追従することができる。ここで、前記体積変化を阻害しないためには、前記コイルを形成する線は細く、しなやかであるものがより好適である。

#### 【0035】

また、本発明の高分子アクチュエータにおいては、特に、ゲル／電極複合体 4 a、4 b に内設される電極 3 a、3 b が、電気化学的に水素の吸蔵及び放出が可能な材料を含む電極であるものとする。これにより、ガス発生や水消費なく高分子ハイドロゲル 2 a、2 b 内部の pH を変化させることができ、密閉したアクチュエータ素子が得られる。

#### 【0036】

電気化学的に水素の吸蔵及び放出が可能な材料としては、特に金属、無機化合物、有機高分子化合物というように制約されるものではなく、従来公知の材料を適用できる。例えば、金属水素化物や、ニッケル水素二次電池の負極材料としても知られている水素吸蔵合金は、水素吸蔵量が多く好適である。これらの材料は、単体で用いる他、必要に応じて、他の材料との混合物、合金としても適用できる。

#### 【0037】

特に、金属水素化物を形成するパラジウム（Pd）は、電気化学的な水素の吸蔵及び放出が可能な上、他の金属水素化物や水素吸蔵合金に比べて電圧を印加した際に、酸化あるいは還元されて溶出や不動態化をしにくく、好適な材料となる。また、溶出や不動態化をしやすい水素吸蔵合金を、パラジウム等の、溶出や不動態化に対する耐性に優れ、かつ水素透過性を有する材料で被覆した材料も好適なものとなる。

#### 【0038】

電解質水溶液 6 としては、公知の水溶性電解質を溶解した水溶液を適用できる。

電解質濃度が高ければイオン導電率が高くなり、高速に pH 変化を誘起できるが、浸透圧差によって高分子ハイドロゲル 2 a、2 b から電解質水溶液 6 へと水が奪われることがあるため、ゲル／電極複合体 4 a、4 b の膨張が阻害されることがある。一方、電解質濃度が低ければゲル／電極複合体 4 a、4 b の膨張は阻害されないが、高速な応答が得られなくなるおそれがある。このようなことに鑑みて、電解質水溶液 6 の電解質濃度は 0.01～0.5 mol/dm<sup>3</sup> が好適であることが確かめられた。

#### 【0039】

容器 5 は、電解質水溶液 6 を蓄える容器であり、またゲル／電極複合体 4 a、4 b の変位を力学的仕事として取り出す端子として機能するものである。

容器 5 の形状、材料は、場合に応じて適宜選定することができるが、電解質水溶液 6 を密閉することができ、かつゲル／電極複合体 4 a、4 b の変位を阻害しない柔軟性を有しているものであることが必要である。例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、フッ素樹脂等の高分子材料フィルムからなる袋状容器が好適な例として挙げられる。

#### 【0040】

ゲル／電極複合体 4 a、4 b の電極 3 a、3 b は、電極端子 7 と電氣的に接合されてなり、この電極端子 7 は、容器 5 の密閉性を損なわない状態で容器 5 の外部に露呈している。

容器 5 が、ゲル／電極複合体 4 a、4 b の前記体積変化に追従する伸縮性を有する場合

、ゲル／電極複合体 4 a、4 b の端部を容器 5 に固定することにより、ゲル／電極複合体 4 a、4 b の変位に伴って容器 5 も変形させることができるようになる。

従って、例えば容器の端部 5' を動作させたい機器可動部（図示省略）に取り付けると、力学的仕事を行うことができるようになる。

また、このゲル／電極複合体 4 a、4 b の容器 5 への固定する端部を、電極端子 7 としてもよい。

#### 【0041】

さらに、容器 5 が上述したような伸縮性を有する材料ではなくても、例えば容器端部 5' を容器本体 5 には固定せず、容器本体 5 の壁面に沿ってスライドするような構造とすれば、容器 5 によってゲル／電極複合体 4 a、4 b の前記体積変化を阻害されるようなことが回避できる。

#### 【0042】

本発明の高分子アクチュエータにおいては、上述した複数のゲル／電極複合体を構成する高分子ゲルが、酸性の官能基と塩基性の官能基とを有する高分子を含有するものとしてもよい。

この場合、前記ゲル／電極複合体における前記高分子ゲル内部の pH が低いときには塩基性基のカチオン化によって膨張し、pH が高いときにも酸性基のアニオン化によって膨張するが、中性付近ではイオン化した両官能基がイオン結合により錯体（イオンコンプレックス）形成するため、収縮する。

#### 【0043】

この現象は、前記複数のゲル／電極複合体を構成する前記高分子ゲルが、酸性の官能基を有する高分子と、塩基性の官能基を有する高分子との混合物を含有するものとした場合においても、同様に確認された。

#### 【0044】

上述したようなゲル／電極複合体を適用することにより、中性電解液中で電極電位を卑、貴のどちらに動かしても、ゲルは膨張し、平衡電位に戻すことで収縮する。

従って、陰極用、陽極用の二種類のゲルを用いる必要がなくなり、同一構成のゲル／電極複合体の電極間に電圧を印加することで、線方向変位を前記複数のゲル／電極複合体から取り出すことが可能となる。

#### 【0045】

図 1～図 3 においては、複数のゲル／電極複合体を構成する電極として、コイル状の形状物を例示したが、本発明の高分子アクチュエータを構成する電極は、この例に限定されることなく、高分子ゲルの体積変化を阻害せず、これに追従する形状であればよく、例えば図 4 に示すような網状の形状物であってもよい。図 4 に示すように網状の形状物を用いた場合もコイル状の形状物と同様に、弾性変形によって高分子ゲルの体積変化に追従することができるが、網を形成する線が細くしなやかであるほど、より一層好適である。

#### 【0046】

また、複数のゲル／電極複合体を構成する電極は、上記のように、コイル状や網状の形状物に限定されるものではなく、例えば、高分子ゲル内に、混合、分散される粒子状、又は繊維状の形状物であってもよい。この場合も、上述した例と同様に、高分子ゲルの体積変化を妨げることなく、pH 変化を誘起することができる。

#### 【0047】

さらに、複数のゲル／電極複合体を構成する電極として、コイル状又は網状の形状物と、粒子状又は繊維状の形状物とを併用すれば、複数のゲル／電極複合体全体に、より一層効果的に pH 変化を誘起することができる。

#### 【0048】

ゲル／電極複合体を構成する高分子ゲルに適用する、酸性若しくは塩基性の官能基を有する高分子としては、酸性ではカルボン酸、スルホン酸等の官能基、塩基性では 1 級アミン、2 級アミン、3 級アミン等の官能基を有する高分子を挙げることができる。

#### 【0049】

具体的に、酸性の官能基を有する高分子としては、アクリル酸、メタクリル酸、ビニル酢酸、マレイン酸、イタコン酸、ビニルスルホン酸、スチレンスルホン酸等の重合体を挙げることができる。

また、塩基性の官能基を有する高分子としては、エチレンイミン、アリアルアミン、ビニルピリジン、リジン、ビニルアニリン、ビニルイミダゾール、アミノエチルアクリレート、メチルアミノエチルアクリレート、ジメチルアミノエチルアクリレート、エチルアミノエチルアクリレート、エチルメチルアミノエチルアクリレート、ジエチルアミノエチルアクリレート、アミノエチルメタクリレート、メチルアミノエチルメタクリレート、ジメチルアミノエチルメタクリレート、エチルアミノエチルメタクリレート、エチルメチルアミノエチルメタクリレート、ジエチルアミノエチルメタクリレート、アミノプロピルアクリレート、メチルアミノプロピルアクリレート、ジメチルアミノプロピルアクリレート、エチルアミノプロピルアクリレート、エチルメチルアミノプロピルアクリレート、ジエチルアミノプロピルアクリレート、アミノプロピルメタクリレート、メチルアミノプロピルメタクリレート、ジメチルアミノプロピルメタクリレート、エチルアミノプロピルメタクリレート、エチルメチルアミノプロピルメタクリレート、ジエチルアミノプロピルメタクリレート、ジメチルアミノエチルアクリルアミド、ジメチルアミノプロピルアクリルアミド等の重合体を挙げることができる。

#### 【0050】

また、必要に応じて、これらに分子内、あるいは分子間で架橋を施した高分子、これらの単量体と他の単量体との共重合体、他の高分子との混合物を使用することができる。

#### 【0051】

また、本発明の高分子アクチュエータにおいては、ゲル／電極複合体は、2個以上の複数個であればその個数に制約なく使用することができる。但し、複数のゲル／電極複合体として、酸性の官能基を有する高分子を含有した高分子ゲルからなるゲル／電極複合体と、塩基性の官能基を有する高分子を含有した高分子ゲルからなるゲル／電極複合体とを用いる場合には、酸性ゲル／電極複合体を陽極、塩基性ゲル／電極複合体を陰極として電圧を印加するため、両者が同数であることがより好ましい。

#### 【0052】

また、複数のゲル／電極複合体を構成する高分子ゲルが、酸性の官能基と塩基性の官能基とを有する高分子を含有ものとする場合、及びゲル／電極複合体を構成する高分子ゲルが、酸性の官能基を有する高分子と、塩基性の官能基を有する高分子との混合物を含有するものとした場合にも、上記と同様にして半数の電極を陽極、残り半数の電極を陰極として電圧を印加するため、複数のゲル／電極複合体の総数は偶数個であることがより好ましい。

#### 【実施例】

##### 【0053】

本発明に基づく高分子アクチュエータの具体的なサンプルを作製し、動作させた実施例について、以下説明する。

##### 【0054】

##### 〔実施例1〕

下記において、ゲル／電極複合体に適用する高分子ハイドロゲルは、単量体、架橋剤、及び開始剤を水溶混合し、これをラジカル重合することによって作製するものとした。

##### 【0055】

酸性の官能基を有する高分子の単量体としてアクリル酸ナトリウム、架橋剤としてN、N'-メチレンビスアクリルアミド、開始剤として過硫酸アンモニウムをそれぞれ用意し、mol比で単量体：架橋剤：開始剤を100：3：1として水溶混合してゲル前駆体溶液を作製した。

##### 【0056】

電極には、直径10 $\mu$ mのパラジウム線からなる直径1mmのコイルを用い、これを内径1.5mm、長さ30mmのガラス管内に挿入し、コイルの軸とガラス管の軸とが一致

するように固定した。

#### 【0057】

このガラス管に、上述したゲル前駆体溶液を注入し、ガラス管両端をゴム栓にて封じて50℃に加温することにより、ゲル前駆体溶液のゲル化を行った。ゲル化後、ガラス管の一端を加圧して他端から取り出して水洗することにより、酸性ゲル／電極複合体（酸性の官能基を有する高分子を含有した高分子ゲルからなるゲル／電極複合体）を得た。

この酸性ゲル／電極複合体を、0.01mol/dm<sup>3</sup>の硝酸水溶液中に浸漬し、酸性ゲル／電極複合体を収縮させた。次に、この酸性ゲル／電極複合体を0.05mol/dm<sup>3</sup>の硝酸ナトリウム水溶液中に浸漬し、白金対極、銀／塩化銀参照極を用いた3極式にて、酸性ゲル／電極複合体の電極に-1.0Vの電位を印加して、酸性ゲル／電極複合体を膨張させた。

#### 【0058】

また、塩基性の官能基を有する高分子の単量体としてジメチルアミノエチルメタクリレート、架橋剤としてN、N'-メチレンビスアクリルアミド、開始剤として過硫酸アンモニウムを用意し、mol比で単量体：架橋剤：開始剤を100：3：1として水溶混合してゲル前駆体溶液を作製した。このゲル前駆体溶液を用い、上記の酸性ゲル／電極複合体と同様の方法によって塩基性ゲル／電極複合体（塩基性の官能基を有する高分子を含有した高分子ゲルからなるゲル／電極複合体）を得た。

この塩基性ゲル／電極複合体を、0.01mol/dm<sup>3</sup>の硝酸水溶液中に浸漬し、塩基性ゲル／電極複合体を膨張させた。

#### 【0059】

上述のようにして作製した酸性ゲル／電極複合体、及び塩基性ゲル／電極複合体を、長さ50mm、直径6mmの円筒状ポリエチレンフィルムに収納し、円筒状ポリエチレンフィルムの片側開口部を熱融着により封じた。

もう一方の開口部からは、0.05mol/dm<sup>3</sup>の硝酸ナトリウム水溶液を注入し、熱融着にて封じた。なお、この熱融着の際には、ゲル／電極複合体の両端から露呈したコイルを挟み込んで熱融着して固定し、これを電極端子とした。

上述のようにして、図1、図2に示すような構成の高分子アクチュエータを作製した。

#### 【0060】

上述のようにして作製した高分子アクチュエータにおいて、酸性ゲル／電極複合体の電極端子を陽極、塩基性ゲル／電極複合体の電極端子を陰極として、2Vの電圧を印加したところ、両極のゲル／電極複合体が共に収縮し、これに伴って高分子アクチュエータ両端の熱融着部間距離が45mmから35mmへと変化した。

また、この際に両極のゲル／電極複合体からのガス発生は見られなかった。

#### 【0061】

##### 〔実施例2〕

この例においても、ゲル／電極複合体に用いる高分子ハイドロゲルは、単量体、架橋剤及び開始剤を水溶混合し、ラジカル重合することによって作製した。

#### 【0062】

酸性の官能基を有する高分子の単量体としてアクリル酸ナトリウム、塩基性を示す官能基を有する高分子の単量体としてジメチルアミノエチルメタクリレート、架橋剤としてN、N'-メチレンビスアクリルアミド、開始剤として過硫酸アンモニウムを用い、mol比で酸性単量体：塩基性単量体：架橋剤：開始剤を50：50：3：1として水溶混合してゲル前駆体溶液とした。

#### 【0063】

電極には直径10μmのパラジウム線からなる直径1mmのコイルを用い、これを内径1.5mm、長さ30mmのガラス管内に挿入し、コイルの軸とガラス管の軸とが一致するように固定した。

#### 【0064】

このガラス管に上記のゲル前駆体溶液を注入し、ガラス管両端をゴム栓にて封じて50

℃に加温することにより、ゲル前駆体溶液のゲル化を行った。ゲル化後、ガラス管の一端を加圧して他端から取り出して水洗することにより、両性ゲル／電極複合体（酸性の官能基と塩基性の官能基とを有する高分子を含有する高分子ゲルからなるゲル／電極複合体）を得た。

この両性ゲル／電極複合体を、 $0.01\text{ mol/dm}^3$ の硝酸水溶液中に浸漬し、両性ゲル／電極複合体を膨張させた。次に、この両性ゲル／電極複合体を $0.05\text{ mol/dm}^3$ の硝酸ナトリウム水溶液中に浸漬し、白金対極、銀／塩化銀参照極を用いた3極式にて、両性ゲル／電極複合体の電極に $-1.0\text{ V}$ の電位を印加して、両性ゲル／電極複合体を収縮させた。

#### 【0065】

上述のようにして作製した両性ゲル／電極複合体2本を、長さ50mm、直径6mmの円筒状ポリエチレンフィルムに収納し、円筒状ポリエチレンフィルムの片側開口部を熱融着により封じた。

もう一方の開口部からは $0.05\text{ mol/dm}^3$ の硝酸ナトリウム水溶液を注入し、熱融着にて封じた。この熱融着の際に、ゲル／電極複合体の両端から露呈したコイルを挟み込んで熱融着して固定し、これを電極端子とした。

上述のようにして、図1及び図2に示すような構成の高分子アクチュエータを作製した。

#### 【0066】

上述のようにして作製した高分子アクチュエータにおいて、一方のゲル／電極複合体の電極端子を陽極、他方のゲル／電極複合体の電極端子を陰極として、2Vの電圧を印加したところ、両極のゲル／電極複合体が共に膨張し、これに伴って高分子アクチュエータ両端の熱融着部間距離が35mmから43mmへと変化した。

また、この際に両極のゲル／電極複合体からのガス発生は見られなかった。

#### 【0067】

##### 〔実施例3〕

単量体（モノマー）の重量の10重量％に相当するPd粒子をゲル前駆体溶液に加えた。

その他の条件は、実施例1と同様として高分子アクチュエータを作製した。

#### 【0068】

酸性ゲル／電極複合体の電極端子を陽極、塩基性ゲル／電極複合体の電極端子を陰極として、2Vの電圧を印加したところ、両極のゲル／電極複合体が共に収縮し、これに伴って高分子アクチュエータ両端の熱融着部間距離が45mmから31mmへと変化した。

また、この際に両極のゲル／電極複合体からのガス発生は見られなかった。

#### 【0069】

##### 〔比較例〕

この例においても、ゲル／電極複合体に用いる高分子ハイドロゲルは、単量体、架橋剤及び開始剤を水溶混合し、ラジカル重合することによって作製した。

#### 【0070】

酸性の官能基を有する高分子の単量体としてアクリル酸ナトリウム、架橋剤としてN、N'-メチレンビスアクリルアミド、開始剤として過硫酸アンモニウムを用意し、これらを、mol比で単量体：架橋剤：開始剤を100：3：1として水溶混合してゲル前駆体溶液を作製した。

#### 【0071】

電極には直径10μmの白金線からなる直径1mmのコイルを用い、これを内径1.5mm、長さ30mmのガラス管内に挿入し、コイルの軸とガラス管の軸とが一致するように固定した。

#### 【0072】

このガラス管に上記のゲル前駆体溶液を注入し、ガラス管両端をゴム栓にて封じて50℃に加温することにより、ゲル前駆体溶液のゲル化を行った。ゲル化後、ガラス管の一端

を加圧して他端から取り出して水洗することにより、酸性ゲル／電極複合体（酸性の官能基を有する高分子を含有した高分子ゲルからなるゲル／電極複合体）を得た。

#### 【0073】

また、塩基性の官能基を有する高分子の単量体としてジメチルアミノエチルメタクリレート、架橋剤としてN、N'-メチレンビスアクリルアミド、開始剤として過硫酸アンモニウムを用い、mol比で単量体：架橋剤：開始剤を100：3：1として水溶混合してゲル前駆体溶液とした。

このゲル前駆体溶液を用い、上記の酸性ゲル／電極複合体と同様の方法によって塩基性ゲル／電極複合体（塩基性の官能基を有する高分子を含有した高分子ゲルからなるゲル／電極複合体）を作製した。

この塩基性ゲル／電極複合体を、0.01mol/dm<sup>3</sup>の硝酸水溶液中に浸漬し、塩基性ゲル／電極複合体を膨張させた。

#### 【0074】

上述のようにして作製した酸性ゲル／電極複合体及び塩基性ゲル／電極複合体を、長さ50mm、直径6mmの円筒状ポリエチレンフィルムに収納し、円筒状ポリエチレンフィルムの片側開口部を熱融着により封じた。

もう一方の開口部からは0.05mol/dm<sup>3</sup>の硝酸ナトリウム水溶液を注入し、熱融着にて封じた。この熱融着の際に、ゲル／電極複合体の両端から露呈したコイルを挟み込んで熱融着して固定し、これを電極端子とした。

上述のようにして、図1及び図2に示すような高分子アクチュエータを作製した。

#### 【0075】

上述のようにして作製した高分子アクチュエータにおいて、酸性ゲル／電極複合体の電極端子を陽極とし、塩基性ゲル／電極複合体の電極端子を陰極として、2Vの電圧を印加したところ、両極のゲル／電極複合体が共に収縮し、これに伴って高分子アクチュエータ両端の熱融着部間距離が45mmから41mmへと変化した。

この際に、両極のゲル／電極複合体からガス発生が確認された。

さらに、3Vの電圧を印加したところ、高分子アクチュエータ両端の熱融着部間距離は35mmへと変化した、同時に多くのガス発生が確認された。

#### 【0076】

上記実施例1～3、及び比較例から明らかなように、電気化学的に水素の吸蔵及び放出が可能な材料を含む電極を用いたことにより、ガスが発生したり、あるいは水を消費したりすることなく、ゲル／電極複合体における高分子ゲル内部のpHを変化させることができ、密閉したアクチュエータ素子において、安定した線方向における伸張／収縮状態を得ることができた。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0077】

【図1】本発明の高分子アクチュエータの一構成例の概略図を示す。

【図2】（a）本発明の高分子アクチュエータの収縮状態における概略断面図を示す。（b）本発明の高分子アクチュエータの伸張状態における概略断面図を示す。

【図3】（a）本発明の高分子アクチュエータを構成するゲル／電極複合体の一例の膨張（伸張）状態における概略斜視図を示す。（b）本発明の高分子アクチュエータを構成するゲル／電極複合体の一例の収縮状態における概略斜視図を示す。

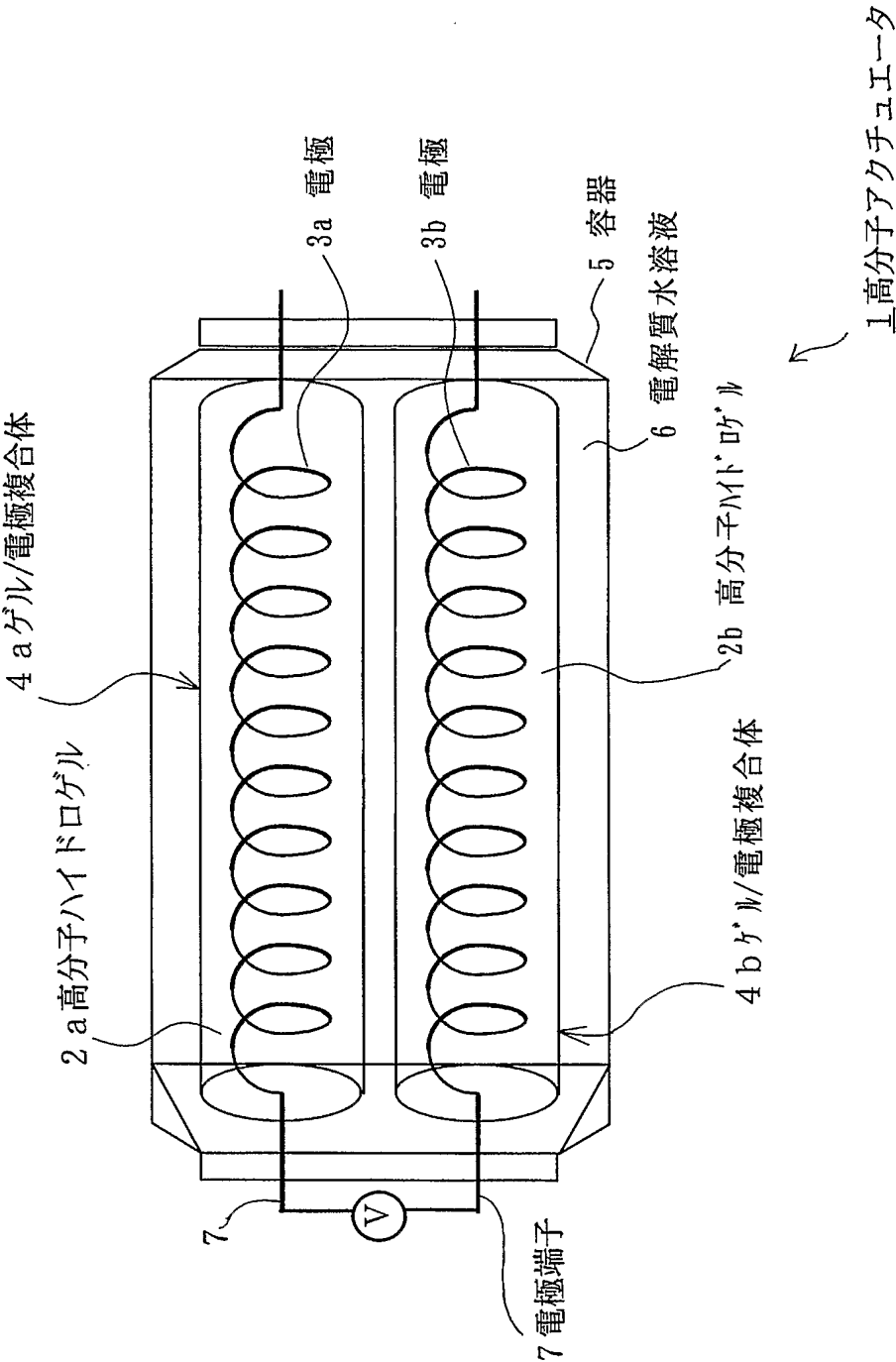
【図4】（a）本発明の高分子アクチュエータを構成するゲル／電極複合体の他の一例の膨張（伸張）状態における概略斜視図を示す。（b）本発明の高分子アクチュエータを構成するゲル／電極複合体の他の一例の収縮状態における概略斜視図を示す。

#### 【符号の説明】

##### 【0078】

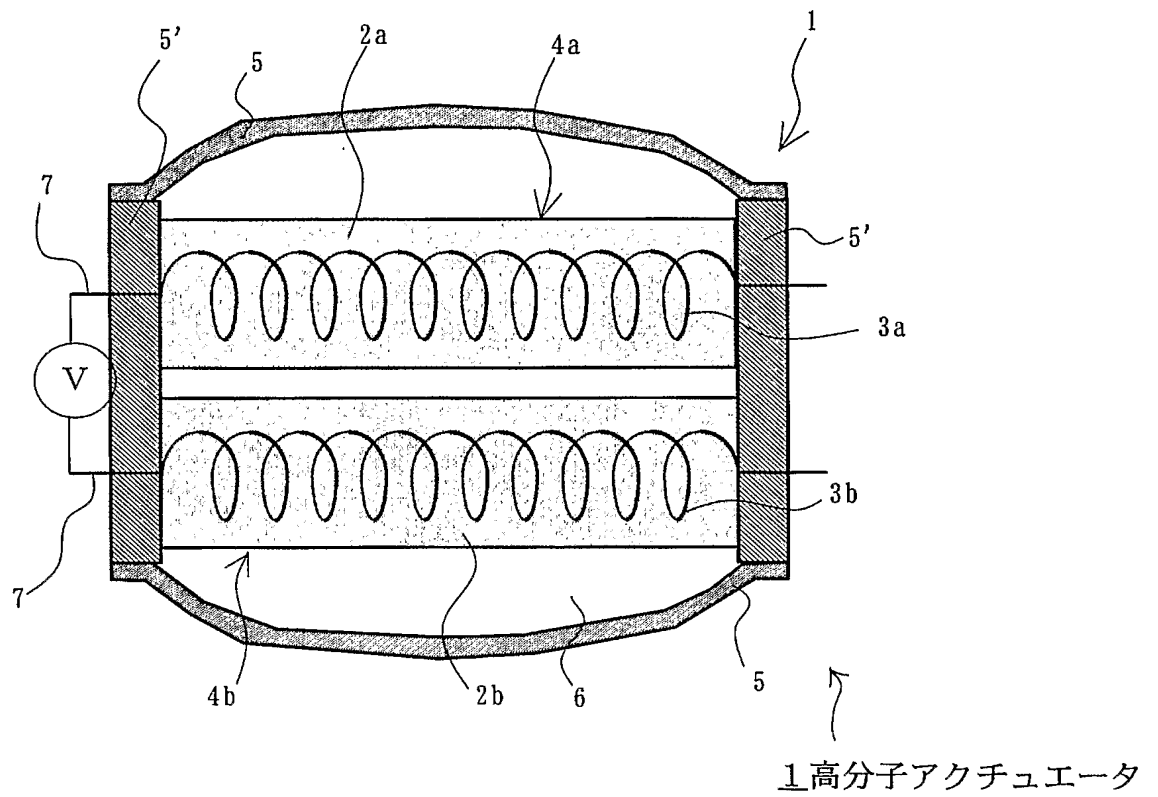
1……高分子アクチュエータ、2a, 2b……高分子ハイドロゲル、3……コイル状電極、3a, 3b……電極、4, 4a, 4b……ゲル／電極複合体、5…容器、5'……容器の端部、6…電解質水溶液、7…電極端子、13……網状電極

【書類名】 図面  
【図 1】

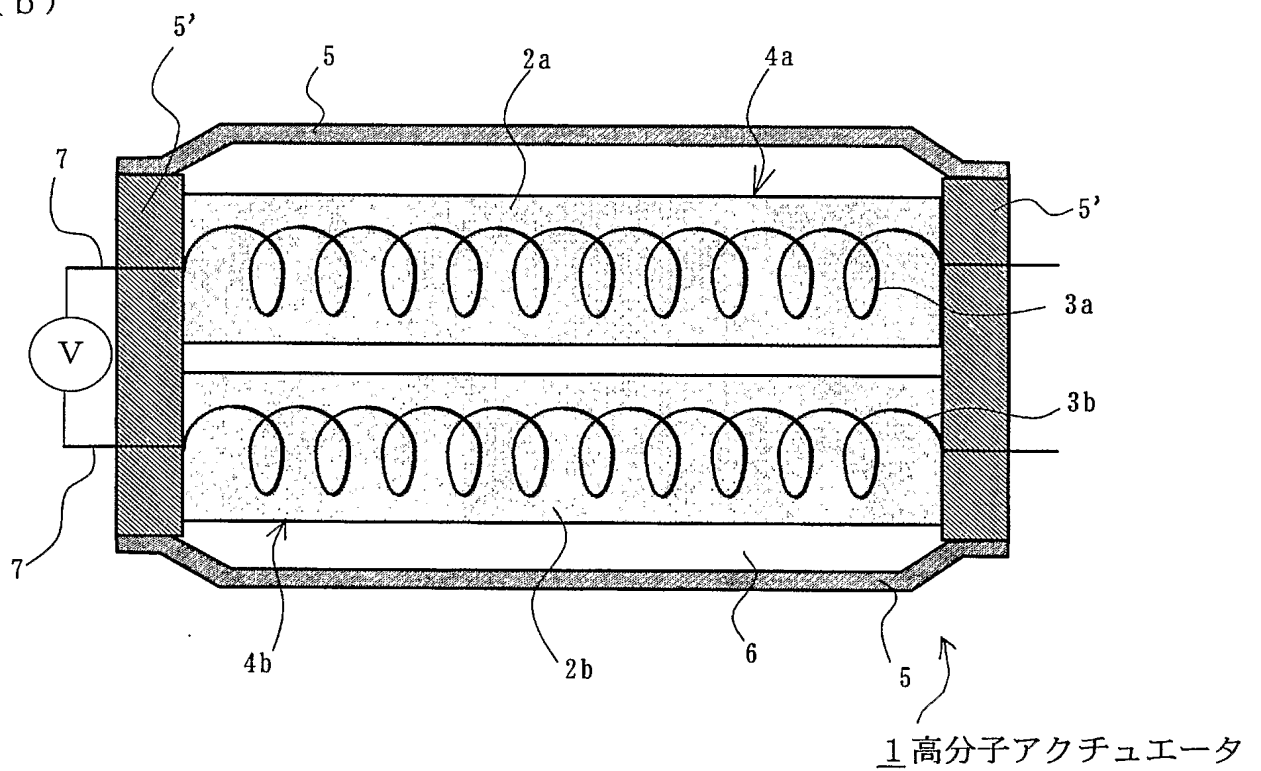


【図 2】

(a)



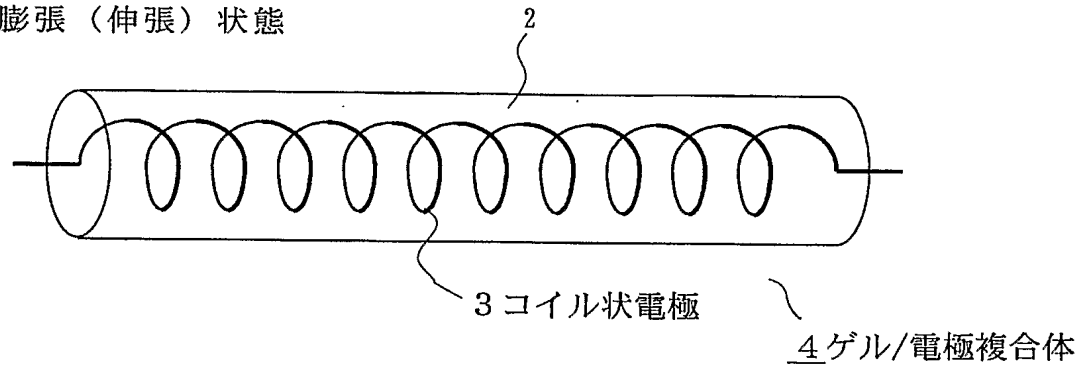
(b)



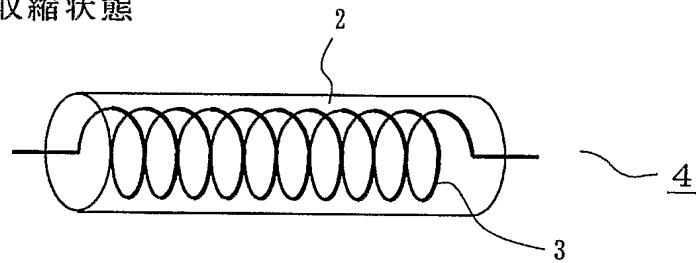


【図 3】

(a) 膨張（伸張）状態

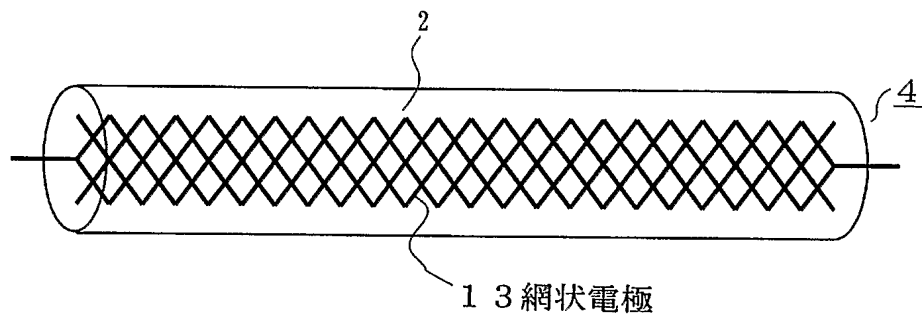


(b) 収縮状態

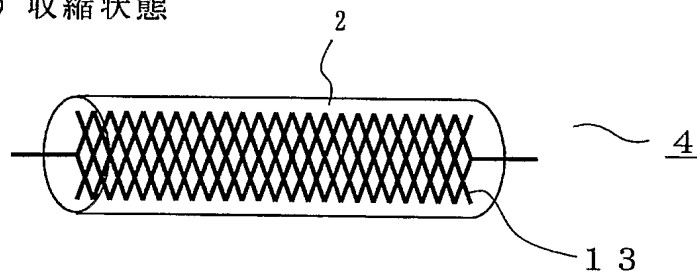


【図 4】

(a) 膨張（伸張）状態



(b) 収縮状態



## 【書類名】要約書

## 【要約】

【課題】線方向に伸張／収縮することができ、計量であり、かつ低電圧動作が可能な高分子アクチュエータを提供する。

【解決手段】酸性、若しくは塩基性の官能基の、少なくともいずれか一方を有する高分子を含有する高分子ゲル 2 a、2 b と、この高分子ゲルに内設された、電気化学的に水素の吸蔵及び放出が可能な材料を含む電極 3 a、3 b とから構成されてなる、ゲル／電極複合体 4 a、4 b の複数個が、電解質水溶液 6 中に配設されてなり、これら複数のゲル／電極複合体 4 a、4 b の、電極 3 a、3 b 間に電圧が印加されるに伴って、ゲル／電極複合体における高分子ゲル 2 a、2 b 内部の pH が変化し、この pH 変化に応じて、ゲル／電極複合体 4 a、4 b がそれぞれ体積変化を起こすように構成されている高分子アクチュエータ 1 を提供する。

【選択図】図 1

特願 2 0 0 4 - 0 7 8 1 3 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 2 1 8 5 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 3 0 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号
氏 名	ソニー株式会社